干旱区地理
ARID LAND GEOGRAPHY

克里雅河尾闾绿洲浅层地下水位埋深变化特征研究

唐　敏，张　峰，师庆东

（新疆大学绿洲生态（教育部）重点实验室，新疆 乌鲁木齐　830046）

摘　要： 地下水位埋深的动态变化极大程度上控制着荒漠植被。达理雅博依位于克里雅河尾闾，是塔克拉玛干沙漠腹地现存面积最大的一处由荒漠河岸林构成的天然绿洲，在这里对地下水位埋深动态变化的监测有助于研究其对地表植被的影响，从而进一步揭示天然绿洲形成与维系的机理。由于复杂的地理环境和闭塞的交通，尚未有学者在该绿洲获得连续的地下水位埋深监测数据。于2012年10月在尾闾绿洲腹地设立了观测井，获取了2012—2018年间地下水位埋深数据，从地下水位埋深的日极值分布特征、日极差分布特征、年内和年际波动特征4个方面分析了该井近6 a来水位埋深的动态变化过程，并结合胡杨的生长习性探讨了尾闾绿洲地下水位埋深变化对生态系统的可能影响。对该绿洲地下水位埋深数据观测结果的初步分析表明：(1) 测井每日水位埋深最小值多出现在16:00、20:00与04:00；每日水位埋深最大值多出现在16:00，分布于4—10月，尤以9月为多。(2) 地下水位埋深日极差波动范围为0~0.5 m。大于0.1 m的日极差主要分布于7—8月，并以2017年最为显著。(3) 地下水位埋深基本在1.0~3.0 m波动，月峰值主要出现在2—3月与8—9月。(4) 地下水位埋深多年平均值为2.0 m，水位埋深总体呈缓慢上升，约0.08 m·a^{-1}。(5) 各年水位埋深在1.0~2.0 m的总天数呈增加趋势，利于胡杨种子萌发与植株扎根；在2.0~4.0 m的总天数呈减少趋势，青壮胡杨生长可能受限。

关 键 词： 塔里木盆地；塔克拉玛干沙漠；达理雅博依；原始绿洲；地下水；动态变化

文章编号：

地下水是干旱区水资源的重要组成[1]。地下水位的变化直接影响着干旱区天然植被的生长发育[2-7]、年龄结构[8]及种群组成[8-12]。在某些特殊环境，地下水更是天然植被维持生命活动的最根本来源[12-16]。浩瀚的塔克拉玛干沙漠是我国最大的流动性沙漠，其腹地存有一处颇具规模的由荒漠河岸林构成的天然绿洲——达理雅博依[17-19]。该绿洲在深入沙漠腹地的克里雅河河水与地下水的相互作用下形成。这里几无现代工业和农业，保持着沙漠绿洲的最原始状态，在绿洲生态和绿洲演化研究方面具有重要意义[19]。诸多干旱区相关研究已表明地下水与绿洲植被联系紧密[2-16]，而长期以来，因缺乏连续观测数据，达理雅博依绿洲植被受地下水变化影响的过程尚不明晰。近年来，随着克里雅河中上游水利设施的修建和人工绿洲的开发，下泻的水量急剧减少，时令河段变长，断流次数增多，威胁到了沙漠腹地尾闾天然绿洲的生态安全[19-21]。在这种状况下，对荒漠植被生长发育有重要作用的地下水位埋深变化的连续监测就显得更加紧迫。本文基于2012年10月在尾闾绿洲设立的观测井数据，分析了该井近6 a来水位埋深的动态变化过程，探讨了尾闾绿洲地下水位埋深动态变化对生态系统的可能影响，以期为达理雅博依原始绿洲生态系统的研究提供关键科学数据。

1　研究区概况

克里雅河发源于昆仑山北坡[22-23]，自南向北流入塔克拉玛干沙漠腹地，沿途形成了下游上部的于

收稿日期： 2019-07-09；　**修订日期：** 2020-07-04

基金项目： 国家自然科学基金新疆联合基金项目（U1178303，U1503381）；新疆维吾尔自治区天山雪松计划（2017XS21）

作者简介： 唐敏（1995-），女，汉族，四川省资阳人，硕士研究生，从事干旱区水文与水资源研究. E-mail: 15700353407@163.com

通讯作者： 张峰（1973-），男，汉族，山东昌乐人，副教授，主要从事干旱区环境演变研究. E-mail: zhang-f-eng@sohu.com

田绿洲和尾闾处的达理雅博依绿洲[17]（图1）。达理雅博依绿洲呈扇状分布，绿洲主体东西宽约15 km，南北长约30 km，面积约324 km^2[19]。年均气温约11 °C[24-25]，年平均降水量不足20 mm[26-27]，湿润指数<0.05[28]，属暖温带极端荒漠气候[29]。植物群落组成贫乏，优势种单一，结构简单，植被类型以芦苇、胡杨、柽柳为主[21]。

2　观测方法与数据处理

2.1　观测方法

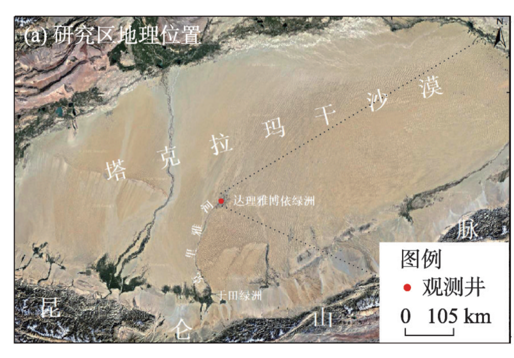
于2012年10月10日在达理雅博依腹地设立观测井（38°22′N，81°52′E）（图2），井内悬置Oneset HOBO感应式水压水位计一件，以测得潜水面下一定水深的压强。同时在井外悬置同型号水位计一件以采集大气压强。数据均按北京时间整点采集，井内、外水位计采集起始时间与间隔（4 h）一致。

2.2　数据处理

本次共发布2112 d数据（2012年10月19日12:00—2018年8月13日12:00，其中2015年1月10—20日缺失）。监测井地下水位埋深（H, m）采用公式（1）计算：

$$H = h - \frac{P_1 - P_2}{\rho g} \tag{1}$$

式中：h为水位计到地面的高度（m）；P_1为HOBO仪器所采集的地下水水压数据（Pa）；P_2为HOBO仪器所采集的大气压强数据（Pa）；ρ为水密度（kg·m^{-3}）；g为重力加速度，取9.8 N·kg^{-1}。季节划分采用气象



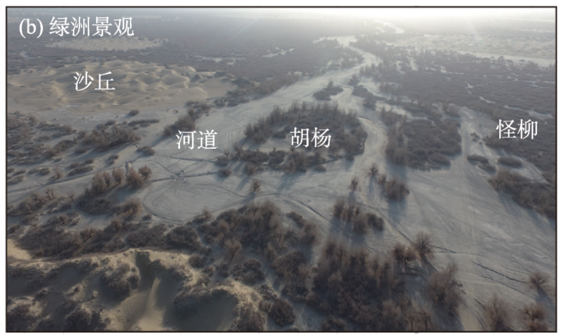


图1　研究区地理位置及绿洲景观

Fig. 1　Geographical location and oasis landscape of the study area



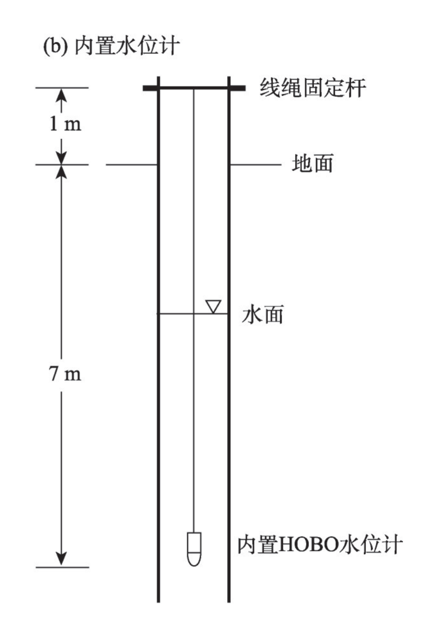


图2　观测井示意图

Fig. 2　Schematic of logger setting outside and inside the monitoring well

季节划分标准法[30]，即以12月—次年2月为冬季。计算了每日地下水位埋深最大值与最小值之差，将日极差按时间排列得到日极差时序数据。

3 结果与分析

3.1 地下水位埋深日变化特征

统计测井每日的地下水位埋深最小值、最大值出现时刻的次数(表1、图3)。每日水位埋深最小值多出现在16:00(1—2月和11—12月)、20:00(1—4月和10—11月)与04:00(5—9月)；在12:00出现次数最少，每年均不超过10次。每日水位埋深最大值多出现在16:00，主要分布在各年的4—10月，并以9月为主。5—9月期间，该值出现在04:00,08:00,12:00的次数几乎为0；10月—次年3月，该值多分布于08:00。

3.2 地下水位埋深的日极差分布特征

监测时段内地下水位日极差波动范围为0~0.5

表1 测井每日水位埋深最小值和最大值出现时刻分布次数

Tab. 1 Occurrence time distributions of the minimum and maximum daily groundwater table depth in the monitoring well

时刻	00:00	04:00	08:00	12:00	16:00	20:00
最小值出现次数	398	445	271	42	506	460
最大值出现次数	352	168	445	154	592	409

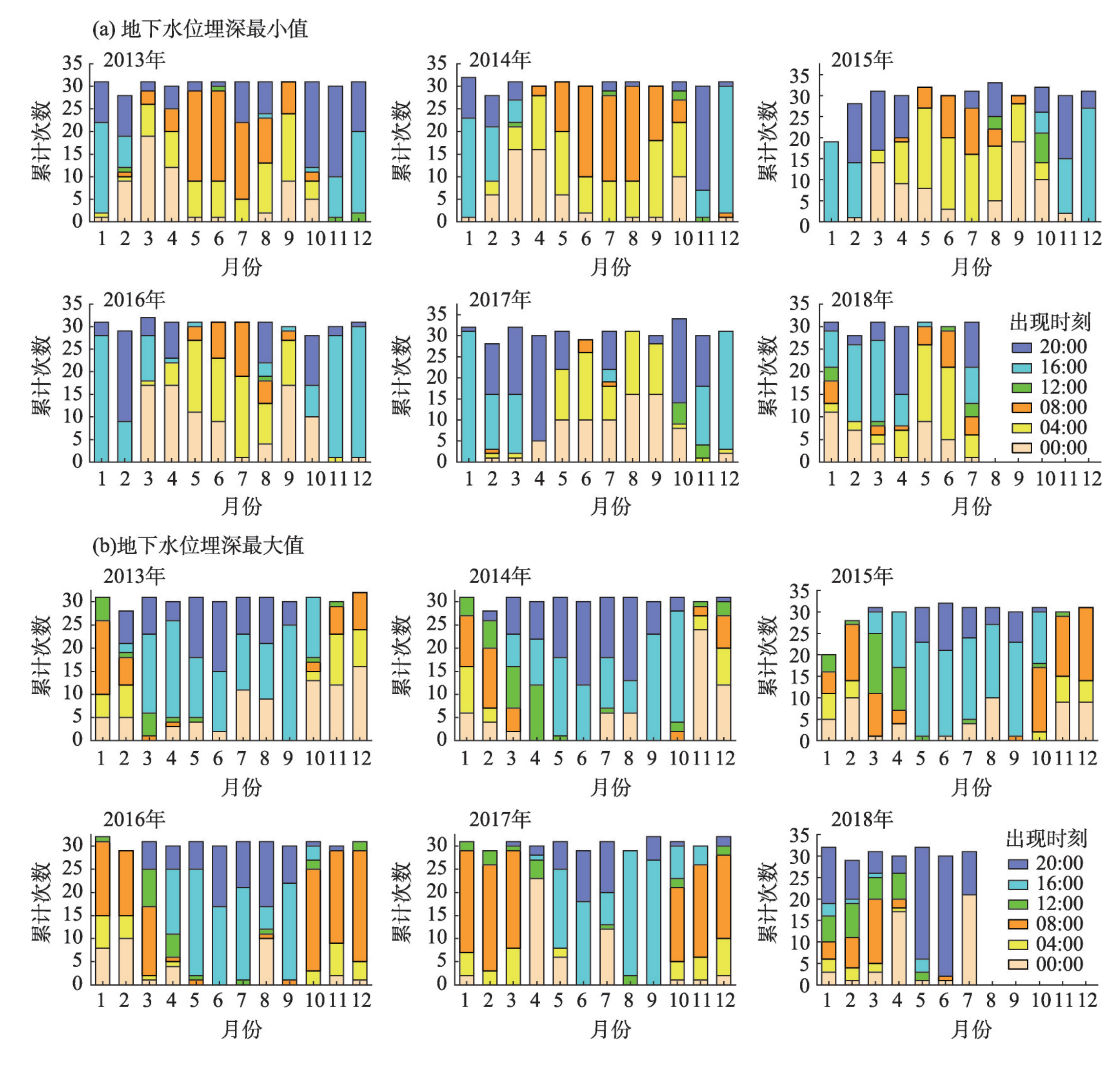


图3 2013—2018年每月的日地下水位埋深最小值与最大值出现时刻和出现次数

Fig. 3 Occurrence time and frequency of the minimum and maximum daily groundwater table depth in each month during 2013—2018

m（图4a），最小的日极差为0.00 m（2018年3月11日），最大日极差为0.47 m（2017年7月19日）。2013—2017年最大日极差逐年增大。7—8月的日极差值较大，多大于0.1 m。大于0.1 m的日极差与水位上升相应（图4a~b）。

3.3　地下水位埋深年内动态变化

测井附近，地下水位埋深年内波动范围为1~3 m，其月峰值主要出现在2—3月与8—9月（图4b、表2）。除2017年外，各年峰值差值均较小。2013—2016年，冬季水位逐渐升高，春季水位波动下降；2017—2018年，冬季水位持续下降，春季水位迅速上升，上升幅度达1 m。2013—2014年夏季地下水位上升幅度较弱，约0.5 m；2015—2017年上升幅度增大，约1.5 m。

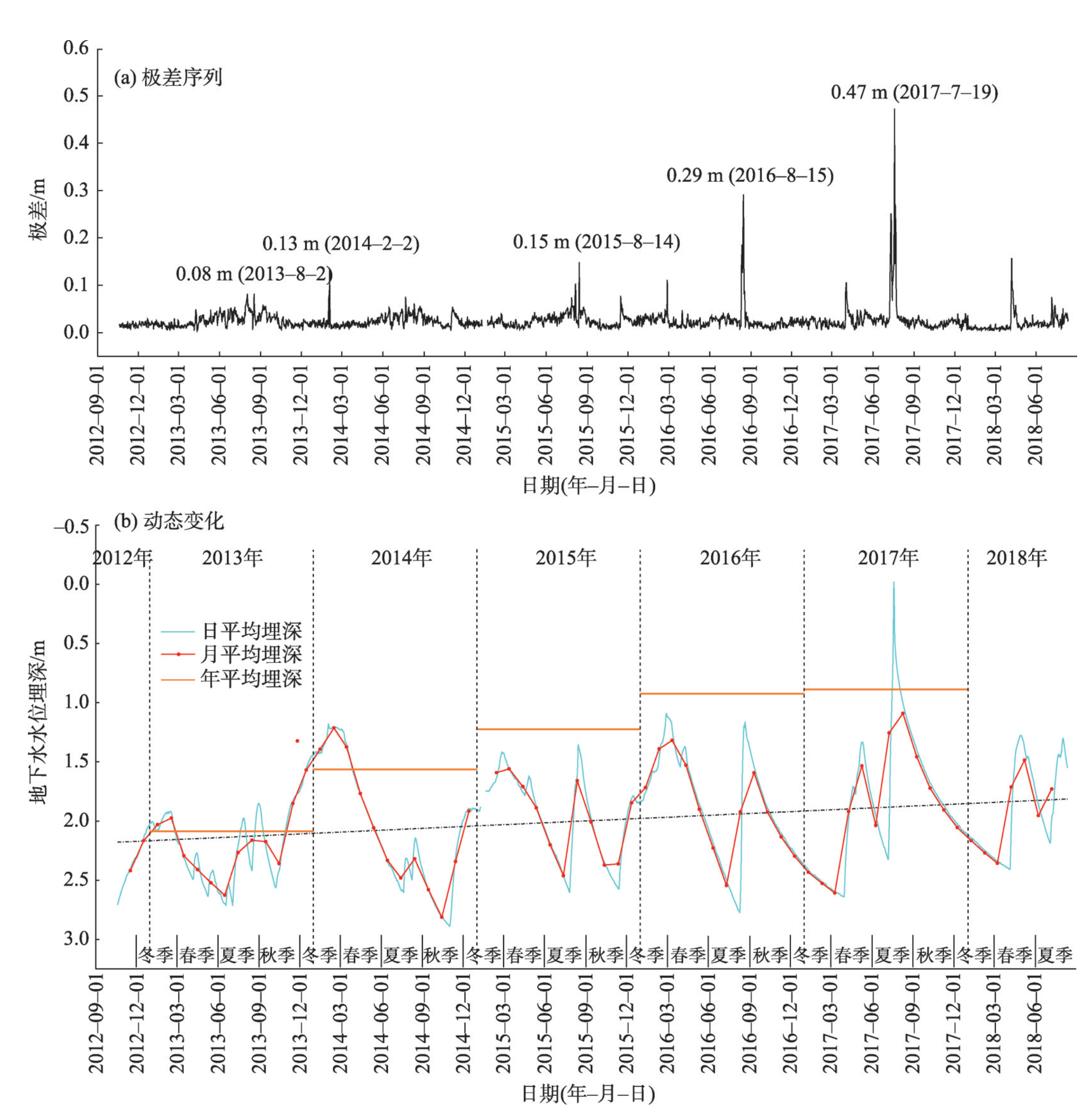


图4　观测井地下水位埋深极差时序和动态变化

Fig. 4　Time-series and dynamic variation of the groundwater table depth in the monitoring well

表2　水位埋深峰值出现时间及峰值差值

Tab. 2　Occurrence time and difference of crest value of the groundwater table depth

年份	月峰值出现月份		峰值差/m	水位上升期
2013	2	8	−0.19	冬季、夏季
2014	2	8	−1.11	冬季、夏季
2015	3	8	−0.10	冬季、夏末
2016	3	9	−0.27	冬末春初、夏末
2017	5	8	0.44	春季、夏季

3.4 年际变化

监测时段内地下水位埋深总体呈缓慢的上升趋势,约0.08 m·a^{-1},多年埋深年均值为2.0 m(图4b、表3)。地下水位埋深曲线中的小幅波动逐渐减少,短期内较强烈的升降现象逐渐增多。水位上升期有后移现象。标准差和变异系数均表明地下水位年际波动偏小,2014年和2017年的埋深变幅较其余年份大。

4 讨 论

4.1 地下水水位动态变化的原因

2012—2018年地下水位埋深在1~3 m内呈现多次交替升降现象,应与克里雅河尾闾地表径流变化有关。冬季克里雅河于田段以上的闲水会被拦截以弥补春耕水量的不足[31],流至尾闾绿洲的水量主要为于田绿洲以下出露的地下水[32]。于田绿洲至尾闾绿洲河段受气温影响,河道结冰,会保存部分水量。至2月,当白天气温升高至0 ℃时,尾闾绿洲上游凌汛带来的水量与尾闾绿洲内部河道解封获得的水量可能是地下水位小幅抬升的原因(图5)。春季,于田绿洲农业活动强烈,截留大量河水,河流输往下游的水量急剧减少,断流频繁[33],加之尾闾绿洲内部的蒸发蒸腾作用,会导致观测井附近春季地下水水位持续下降。夏季,克里雅河洪水到达尾闾绿洲[27,32],水位埋深呈现陡涨缓落的现象。秋季地下水位的下降与回升则可能与洪水期结束以及中游上部于田绿洲进入休耕期截留水量减少有关。2017年以后出现冬季水位补给消失和春季水位回升,其原因还有待在更多数据积累的基础上做进一步分析。

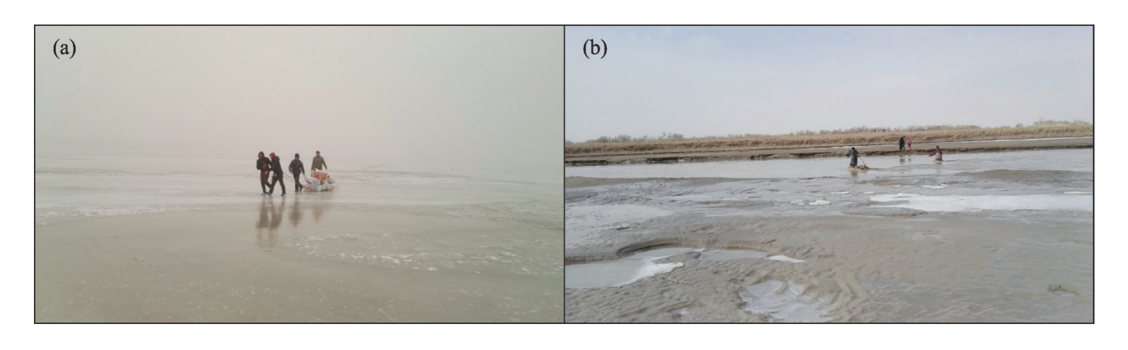
据调查,绿洲内部河道洪水受到人为调控,数据更多的代表了测井设置区地下水位埋深变化情况,但由地表水和地下水与不同地段地下水间的相互补排,总体上数据对绿洲地下水的变化具有一定代表性。2017年7月20日04:00—21日04:00,地下水位埋深出现负值,日埋深极差最大可达0.47 m(7月19日),埋深曲线呈现陡涨缓落现象。2018年1月现场调查发现观测井几乎被泥沙掩埋,询问当地居民知悉数据异常期正值2017年夏季特大洪水,地下水位埋深负值出现应与特大洪水有关。

表3 地下水位埋深统计参数

Tab. 3 Statistic parameters of the groundwater table depth

年份	观测天数/d	最大值/m	最小值/m	变幅/m	平均值/m	标准差	变异系数
监测时段	2112	2.89	−0.02	1.01	2.00	0.44	0.22
2013	365	2.71	1.44	0.31	2.19	0.31	0.14
2014	365	2.89	1.18	0.42	2.05	0.51	0.25
2015	354	2.60	1.35	0.32	1.96	0.33	0.17
2016	366	2.78	1.09	0.44	1.88	0.43	0.23
2017	365	2.64	−0.02	1.02	1.87	0.53	0.28
2018	224	2.41	1.28	0.31	1.92	0.38	0.20

注:变幅=(最大值−最小值)/(最大值+最小值)。



注:(a) 2016年2月11日,尚被冰封的克里雅河;(b) 2016年2月23日,河水大部分解冻。

图5 尾闾绿洲河道

Fig. 5 River course in the Daliyaboyi Oasis

4.2 地下水位埋深动态变化对尾闾绿洲生态的可能影响

各年水位埋深小于2 m的总天数呈增加趋势，2~4 m的总天数呈减少趋势(表4)，测井附近影响植被生长发育的地下水埋深条件正在逐步变化。如3—10月为胡杨生长季[34-35]，最适宜胡杨生长发育的水位埋深为2~4 m[36]。本文观测井附近该时段2~4 m水位埋深的总天数逐年减少，这可能会不利于青壮胡杨生长。另一方面，胡杨种子萌发与植株扎根大概在6—8月[34,37]，水位埋深要求在1~2 m[36]。测井此时段内1~2 m水位埋深的总天数逐年增多，附近种子萌发与植株扎根水分条件逐渐改善。

表4　2012—2018年逐月地下水位埋深统计天数

Tab. 4　Statistical days of monthly groundwater table depth during 2012—2018

年份	埋深/m	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
2012	≤2	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
	2~4	\	\	\	\	\	\	\	\	\	12	30	31
2013	≤2	5	20	\	\	\	\	4	7	7	\	28	31
	2~4	26	8	31	30	31	30	27	24	23	31	2	\
2014	≤2	31	28	31	30	8	\	\	\	\	\	\	31
	2~4	\	\	\	\	23	30	31	31	30	31	30	\
2015	≤2	20	28	31	30	26	\	\	27	14	\	1	31
	2~4	\	\	\	\	5	30	31	4	16	31	29	\
2016	≤2	31	29	31	30	25	\	\	17	30	25	\	\
	2~4	\	\	\	\	6	30	31	14	6	30	31	\
2017	≤2	\	\	\	21	31	12	21	31	30	31	30	3
	2~4	31	28	31	9	\	18	10	\	\	\	\	28
2018	≤2	\	\	\	22	31	18	24	12	\	\	\	\
	2~4	31	28	31	8	\	12	7	\	\	\	\	\

注：时间起始为2012年10月19日—2018年8月13日；"\"表示没有天数数据或天数数据完全满足另一条件。

5 结 论

监测时段内测井地下水位埋深年际波动较小，总体呈缓慢上升，约0.08 m·a^{-1}。年内水位埋深波动基本在1~3 m，埋深月峰值主要出现在2—3月与8—9月。每年有两次明显的水位上升期。2013—2016年，冬季水位逐渐升高，春季水位波动下降；2017—2018年，冬季水位持续下降，春季水位迅速上升，上升幅度可达1 m。2013—2014年夏季地下水水位上升幅度较弱，约0.5 m；2015—2017年上升约1.5 m。地下水位埋深在1~2 m的总天数呈增加趋势，利于胡杨种子萌发与植株扎根；在2~4 m的总天数呈减少趋势，不利于青壮胡杨生长发育。

监测时段内每日水位埋深最小值多出现在16:00、20:00与04:00；在12:00出现次数最少，每年均不超过10次。每日水位埋深最大值出现次数最多的时刻为16:00，主要分布在各年的4—10月，并以9月为主；10月—次年3月，该值多分布在08:00。地下水位埋深日极差波动范围为0~0.5 m。7—8月的日极差值较大，多大于0.1 m。大于0.1 m的日极差与水位上升相应。

参考文献(References)

[1] Scanlon B R, Keese K E, Flint A L, et al. Global synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions[J]. Hydrological Processes, 2010, 20(15): 3335-3370.

[2] Lite S J, Stromberg J C. Surface water and ground-water thresholds for maintaining *Populus-Salix* forests, San Pedro River, Arizona[J]. Biological Conservation, 2005, 125(2): 153-167.

[3] Zhang L, Dawes W R, Slavich P G, et al. Growth and ground water uptake responses of Lucerne to changes in groundwater levels and salinity: Lysimeter, isotope and modelling studies[J]. Agricultural Water Management, 1999, 39(2-3): 265-282.

[4] Cooper D J, Sanderson J S, Stannard D I, et al. Effects of long-term water table drawdown on evapotranspiration and vegetation in an arid region phreatophyte community[J]. Journal of Hydrology, 2006, 325(1): 21-34.

[5] Smith S D, Wellington A B, Nachlinger J L, et al. Functional responses of riparian vegetation to streamflow diversion in the east-

ern Sierra Nevada[J]. Ecological Applications, 1991, 1(1): 89–97.

[6] Fan J, Zeng C, Song H F, et al. Responses of root growth of *Alhagi sparsifolia* Shap (Fabaceae) to different simulated groundwater depths in the southern fringe of the Taklimakan Desert, China[J]. Journal of Arid Land, 2013, 5(2): 220–232.

[7] 赵俊红, 周华荣, 卢雅焱, 等. 2000—2015年塔里木胡杨林国家级自然保护区NPP时空动态特征及其影响因素[J]. 干旱区地理, 2020, 43(1): 190–200. [Zhao Junhong, Zhou Huarong, Lu Yayan, et al. Temporal-spatial characteristics and influencing factors of the vegetation net primary production in the National Nature Reserve of *Populus euphratica* in Tarim from 2000 to 2015[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(1): 190–200.]

[8] Thevs N, Zerbe S, Schnittler M, et al. Structure, reproduction and flood-induced dynamics of riparian Tugai forests at the Tarim River in Xinjiang, NW China[J]. Forestry, 2008, 81(1): 45–57.

[9] Thomas F M. Influence of groundwater depth on species composition and community structure in the transition zone of Cele oasis [J]. Journal of Arid Land, 2010, 2(4): 235–242.

[10] 王雅梅, 张青青, 李骊, 等. 新疆克里雅河下游植被与地下水埋深关系初探[J]. 干旱区研究, 2020, 37(3): 562–569. [Wang Yamei, Zhang Qingqing, Li Li, et al. Preliminary study on the relationship between vegetation and groundwater depth in the lower reaches of the Keriya River[J]. Arid Zone Research, 2020, 37(3): 562–569.]

[11] 陈亚宁, 李卫红, 徐海量, 等. 塔里木河下游地下水位对植被的影响[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 542–549. [Chen Yanning, Li Weihong, Xu Hailiang, et al. The influence of groundwater on vegetation in the lower reaches of Tarim River, China[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(4): 542–549.]

[12] Orellana F, Verma P, Loheide S P, et al. Monitoring and modeling water-vegetation interactions in groundwater-dependent ecosystems [J]. Reviews of Geophysics, 2012, 50(3): 1–24.

[13] 张经天, 席海洋. 荒漠河岸林地下水位时空动态及其对地表径流的响应[J]. 干旱区地理, 2020, 43(2): 388–397. [Zhang Jintian, Xi Haiyang. Spatiotemporal dynamics of groundwater levels in a desert riparian forest and its response to surface runoff[J]. Arid Land Geography, 2020, 43(2): 388–397.]

[14] 黄金廷, 崔旭东, 王冬, 等. 格尔木河流域地下水生态功能及经济损益阈值解析[J]. 干旱区地理, 2019, 42(2): 263–270. [Huang Jinting, Cui Xudong, Wang Dong, et al. Groundwater ecological function and economic profit and loss threshold in Golmud River Catchment[J]. Arid Land Geography, 2019, 42(2): 263–270.]

[15] 崔培毅. 塔里木河流域森林资源及其保护[C]//塔里木河中下游实地踏勘报告. 北京: 中国统计出版社, 2000: 276–300. [Cui Peiyi. Forest resources and their protection in Tarim River Basin [C]//Field Survey Report of Middle and Lower Tarim River. Beijing: China Statistics Press, 2000: 276–300.]

[16] Fan Y, Li H, Miguez M G. Global patterns of groundwater table depth[J]. Science, 2013, 339(6122): 940–943.

[17] 周兴佳, 李保生, 朱峰, 等. 南疆克里雅河绿洲发育和演化过程研究[J]. 云南地理环境研究, 1996, 8(2): 44–57. [Zhou Xingjia, Li Baosheng, Zhu Feng, et al. The research on the development and evolution of the oasis of Keria River in the Tarim Basin of Xinjiang[J]. Yunnan Geographic Environment Research, 1996, 8(2): 44–57.]

[18] 田裕钊. 克里雅河下游三角洲的吐加依: 标志生态退化的一种自然综合体[J]. 中国沙漠, 1988, 8(2): 14–28. [Tian Yuzhao. Tugayi in the delta the lower reaches of the Kerya River: A natural complex reflecting ecological degradation[J]. Journal of Desert Research, 1988, 8(2): 14–28.]

[19] 朱震达, 陆锦华, 江伟铮. 塔克拉玛干沙漠克里雅河下游地区风沙地貌的形成发育与环境变化趋势的初步研究[J]. 中国沙漠, 1988, 8(2): 4–13. [Zhu Zhenda, Lu Jinhua, Jiang Weizhen. Study on formation and development of aeolian landform and trend of environmental change at lower reach of the Keriya River, Taklimakan Desert[J]. Journal of Desert Research, 1988, 8(2): 4–13.]

[20] 杨小平. 绿洲演化与自然和人为因素的关系初探: 以克里雅河下游地区为例[J]. 地学前缘, 2001, 8(1): 83–89. [Yang Xiaoping. The relationship between oases evolution and natural as well as human factors: Evidences from the lower reaches of the Keriya River, southern Xinjiang, China[J]. Earth Science Frontiers, 2001, 8(1): 83–89.]

[21] 胡文康, 张立运. 克里雅河下游荒漠河岸植被的历史、现状和前景[J]. 干旱区地理, 1990, 13(1): 46–51. [Hu Wenkang, Zhang Liyun. History present condition and prospects of desert vegetation in the lower reaches of Keliya River[J]. Arid Land Geography, 1990, 13(1): 46–51.]

[22] 焦克勤, 姚檀栋, 李世杰. 西昆仑山32 ka来的冰川与环境演变[J]. 冰川冻土, 2000, 22(3): 250–256. [Jiao Keqin, Yao Tandong, Li Shijie. Evolution of glaciers and environment in the west Kunlun Mountains during the past 32 ka[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2000, 22(3): 250–256.]

[23] 许君利, 刘时银, 张世强, 等. 塔里木盆地南缘喀拉米兰河克里雅河流内流区近30a来的冰川变化研究[J]. 冰川冻土, 2006, 28(3): 312–318. [Xu Junli, Liu Shiyin, Zhang Shiqiang, et al. Glaciers fluctuations in the Karamilan Keriya River watershed in the past 30 years[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006, 28(3): 312–318.]

[24] 凌裕泉. 塔克拉玛干沙漠的气候特征及其变化趋势[J]. 中国沙漠, 1990, 10(2): 12–22. [Ling Yuquan. The climatic characteristics and its changing tendency in the Taklimakan Desert[J]. Journal of Desert Research, 1990, 10(2): 12–22.]

[25] 黄晶晶, 张峰, 师庆东, 等. 2015—2016年塔克拉玛干沙漠腹地天然绿洲气温及相对湿度变化特征[J]. 新疆大学学报(自然科学版), 2019, 36(3): 267–275. [Huang Jingjing, Zhang Feng, Shi Qingdong, et al. Variation characteristics for temperature and relative humidity of the natural oasis in the hinterland of the Taklamakan Desert for 2015—2016[J]. Journal of Xinjiang University

(Natural Science Edition), 2019, 36(3): 267−275.]

[26] 倪频融. 达里雅博依绿洲的历史、现状及其演变前景[J]. 干旱区研究, 1993, 10(4): 12−18. [Ni Pinrong. History, present situation and evolution prospect of DaliyaBeyi Oasis[J]. Arid Zone Research, 1993, 10(4): 12−18.]

[27] 储国强, 刘嘉麒, 孙青, 等. 新疆克里雅河洪泛事件与树轮记录的初步研究[J]. 第四纪研究, 2002, 22(3): 252−257. [Chu Guoqiang, Liu Jiaqi, Sun Qing, et al. Preliminary research on the flood events based on the studies of tree ring width (*Populus euphratica*) in the Keriya River[J]. Quaternary Sciences, 2002, 22(3): 252−257.]

[28] Ci L J. The impact of global change on desertification in China[J]. Journal of Natural Resources, 1994, 9(4): 289−303.

[29] Lei Y, Li X, Ling H. Model for calculating suitable scales of oases in a continental river basin located in an extremely arid region, China[J]. Environmental Earth Sciences, 2015, 73(2): 571−580.

[30] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942−956. [Ren Guoyu, Guo Jun, Xu Mingzhi, et al. Climate changes of China's mainland over the past half century[J]. Acta Meteorological Sinica, 2005, 63(6): 942−956.]

[31] 毛建刚, 陈志强, 吴文玲, 等. 于田县昆仑灌区水资源利用分析[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(9): 41−43. [Mao Jiangang, Chen Zhiqiang, Wu Wenling, et al. Analysis on water resources utilization in Kunlun irrigation area in Yutian Country[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2004, 18(9): 41−43.]

[32] 陈荷生. 水在克里雅河流域生态地理环境中的作用[J]. 中国沙漠, 1988, 8(2): 1−56. [Chen Hesheng. Effect of water in eco-geographic environment of the Keriya River Valley[J]. Journal of Desert Research, 1988, 8(2): 1−56.]

[33] 胡江玲, 孙浩捷. 新疆于田绿洲农业资源潜力分析及持续发展对策研究[J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(4): 136−141. [Hu Jiangling, Sun Haojie. Study on production potential and sustainable development of agricultural resources in Yutian Oasis[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2007, 21(4): 136−141.]

[34] 张昊, 李俊清, 李景文, 等. 额济纳绿洲胡杨种群繁殖物候节律特征的研究[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2007, 28(2): 60−66. [Zhang Hao, Li Junqing, Li Jingwen, et al. The reproductive phonological rhythm characteristics of *Populus euphratica* Oliv population in the Ejina Oasis of Inner Momgolia[J]. Journal of Inner Monolia Agricultural University, 2007, 28(2): 60−66.]

[35] 买尔燕古丽·阿不都热合曼, 艾里西尔·库尔班, 阿迪力·阿不来提, 等. 塔里木河下游胡杨物候特征观测[J]. 干旱区研究, 2008, 25(4): 525−530. [Maryamgul Abdurahman, Alishir Kurban, Adil Abla, et al. Study on phonological characters of *Populus euphratica* Oliv in the lower reaches of the Tarim River[J]. Arid Zone Research, 2008, 25(4): 525−530.]

[36] 樊自立, 马英杰, 张宏, 等. 塔里木河流域生态地下水位及其合理深度确定[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 8−13. [Fan Zili, Ma Yingjie, Zhang Hong, et al. Research of eco-water table and rational depth of groundwater of Tarim River drainage basin[J]. Arid Land Geography, 2004, 27(1): 8−13.]

[37] 朱京琳. 胡杨与密叶杨播种育苗初步研究[J]. 新疆农业科学, 1963, 3: 116−117. [Zhu Jinglin. Preliminary study on seeding and seedling of *Populus euphratica* and *Populus talassica*[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 1963, 3: 116−117.]

Variations in groundwater table depth at Daliyaboyi Oasis, Keriya River, China

TANG Min, ZHANG Feng, SHI Qingdong

(Key Laboratory of Oasis Ecology Ministry Education, Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang, China)

Abstract: Dynamic changes in groundwater table depth largely control desert vegetation, which affects and restricts oasis ecosystems in arid regions. Daliyaboyi, located in the lower reaches of the Keriya River and comprising desert riparian forest, is the largest natural oasis in the Taklimakan Desert, Xinjiang, China. Monitoring variations in groundwater table depth and studying its influence on surface vegetation further the understanding of the formation and maintenance of a pristine oasis. No researcher has previously obtained continuous groundwater monitoring data in the oasis because of the complex geographical environment and restricted travel conditions. In October 2012, our laboratory set up a monitoring well in the hinterland of the Daliyaboyi Oasis and obtained data for groundwater table depth from 2012 to 2018. This study analyzes the dynamic changes in water level from four aspects: daily extreme value distribution, diurnal range distribution, and annual and interannual fluctuations of groundwater table depth. Combined with observed growth habits of *Populus euphratica*, the possible influence of groundwater table depth changes on the oasis ecosystem was discussed. The preliminary analysis conclusions are as follows: (1) Daily minimum groundwater table depths occurred at 16:00, 20:00, or 04:00. Maximum depths mainly appeared at 16:00, from April to October, particularly in September. (2) Daily variations ranged from 0 to 0.5 m, and the level was deeper than 0.1 m from July to August, particularly during this two month period in 2017. (3) Groundwater table depth in each year varied from 1.0 to 3.0 m, and crests were mainly observed from February to March and August to September. (4) The average groundwater table depth for many years was 2.0 m, which showed a slowly increasing trend of approximately 0.08 $m \cdot a^{-1}$. Additionally, the total number of days with groundwater table depth in the range of 1.0−2.0 m during each year is increasing, which is suitable for the growth of *Populus euphratica* seedling (the dominative species of riparian vegetation in Daliyaboyi Oasis). The total number of days with depths of 2.0−4.0 m, which might restrict the growth of mature *Populus euphratica*, is decreasing.

Key words: Tarim Basin; Taklimakan Desert; Daliyaboyi; pristine oasis; groundwater; dynamic changes